

尚美学園大学芸術情報研究 第14号
研究ノート

サッカー映像からのゲーム分析支援システム

須藤 智

Game analysis support system for soccer game

SUDO Satoshi

Abstract

The technology of science is related to sports. The science is supported from various respects to a technological improvement, for example, establishment of training method of building in psychology and proposal of training method based on mechanism of human body. And, with development of computer in recent years, new method of presenting information using image processing technology is developed in live telecast. Also, in the field of a game analysis, it has changed from an immediate analysis technique by people into the method using VTR and the computer. In addition, a new analysis technology using image processing is proposed. In this report, about the method of the game analysis that uses the image, it introduces earlier methods, and it explains the research on which it is working now.

Key Word: game analysis, image processing

[要約]

スポーツの分野にも科学の技術は深く関係している。心理学などを組み込んだトレーニング方法の確立や、人体のメカニズムに基づくトレーニング方法の提案など、科学は技術向上に様々な面から支援している。

また、近年のコンピュータの発達にともない、スポーツのテレビ中継において、画像認識技術を利用した高度な情報提示方法も開発されている。ゲーム分析の分野でも、従来の人手による直接的な分析手法から、VTRやコンピュータを利用した方法に変わってきている。さらには、画像処理技術を利用した新しい分析も提案されている。

本報告では、多人数が協調作業により目的を達成するスポーツを対象として、映像を使ったゲーム分析の方法について、従来の方法を紹介し、現在取り組んでいる研究について説明する。

キーワード：ゲーム分析、画像処理

はじめに

近年、テレビ中継などにおいてスポーツ映像に対するデジタル映像処理技術による高度な付加情報の提供が模索されている。オリンピックの水泳などでも世界記録のペースを画面上にCG合成しながら放映しているのもその一例である。また、スポーツの技術発展のためにさまざまな角度から科学技術を利用した分析が行われており、選手の技能向上に役立っている。集団スポーツでは広範囲の領域に選手が散らばって協調作業を行う事が多く、一般的に、どの箇所に着目して観戦したらよいのかわからないことがある。また、「チームワークがよい」や「動きが連動している」という評価でゲームを分析することがあるが、数値などの客観的なデータに変換することができず、分析者の主観によってしまう。そこで、動きの質を定量化し、可視化することにより、協調作業の評価を行い、視覚的に提示する手法が提案されている。本報告では、選手の動きを数値的に評価する手法を紹介し、それを用いてさまざまな解析を行った結果を報告する。

1. スポーツ科学

スポーツ競技において、技術の向上には科学技術のサポートは欠かせないものとなってきた。特に、ゴルフスイングや、野球のフォーム、サッカーのキック時など、通常の肉眼では確認できないような素早い動作でも、高速カメラを使用して、細かい時間間隔で動作を可視化することができる。これにより、いままでは分からなかった新しい事実が発見されてきている。また、有名選手の動作を解析することにより、どのような仕組みでプレーが行われているのかが視覚的に視聴者に伝えることができるようになった。また、一方では、トレーニングにおいても科学の技術は使用されており、人体の特徴や仕組みをうまく利用したトレーニング方法も取り入れられており、トップアスリートが世界で戦う上では必要な要素となってきた。今回はスポーツ科学の中で、多人数が協調作業により目的を達成するスポーツを対象として、映像を使ったゲーム分析の方法について、従来の方法を紹介し、現在取り組んでいる研究について説明する。

2. ゲーム分析

ゲーム分析とは、試合で発生した全てのイベントを記録し、統計処理を行うことにより、チームや選手の特徴を調査することである。集団スポーツは広範囲の領域に選手が分散して協調作業を行う事が多く、対象スポーツの実施経験が無い観戦者には、どのような箇所に着目したらよいのかわからないということがある。そこで、近年、テレビ中継などでスポーツ映像に対するデジタル映像処理技術による高度な付加情報の提供や動きを数値として客観的に評価するといったゲーム分析が模索されている。本章では、いままで行われてきたゲーム分析の紹介から、画像認識技術を応用したゲーム分析の手法を紹介する。

2.1. 従来のゲーム分析（引用1）

サッカーのような、互いのチームがネットを挟まないで行うスポーツでは、選手の動きは

複雑となる。22人もの選手が違った動きを連続的に続けるため、どのような情報を集めるかということが重要になる。ゲーム分析の基本は、「いつ」「どこで」「だれが」「なにをした」という情報を取得することにある。古くから手作業でゲームを分析する方法がとられてきたが、最近ではVTRやコンピュータを利用して効率的にゲーム分析を行うことが可能になってきている。ゲーム分析で測定されている項目として代表的なものとして、「ボール支配率」、「プレーの種類」、「選手の動きのパターン」、「パスのつながり」、「使用技術の頻度」などが挙げられる。試合は刻々と進んでいくため、一般的にはVTRに撮影して、試合後にVTRを見ながらデータを入力するのが一般的であるが、撮影の際に、「何番から何番へパス」といった付加情報を音声で入力することにより、データ入力の際の補助と使用することがある。このようにして入力されたデータは、Stats Stadium (J-STATS Opta) (引用2) のように、「Jリーグ公認データ」として集積され、ゲーム分析やテレビゲームの選手情報として活用されている。

2.2. オフサイドライン可視化システム (引用3)

テレビ番組において、バーチャルスタジオ技術をはじめ、実写映像に連動したCGを用いて、分かりやすいコンテンツを制作する試みが広く行われている。ここでは、その一つの応用例として、三須らによる、サッカー映像に対して、オフサイドラインを検出して可視化するシステムの技術を紹介する。

オフサイドラインとは、サッカーにおいて、守備側の後方2人目の選手の位置で、ゴールラインに平行な仮想的なラインのことをいう。このラインよりも前方にて攻撃側の選手が待ち伏せしてプレーするとオフサイドの反則となる。このルールは視聴者にとってわかりにくく、なぜ反則なのかが分からず、解説者の説明で理解する場面がよくある。そこで、オフサイドラインを中継映像に作画することにより、オフサイドの状況を視覚的に分かりやすく提示する。

システム構成は、放送用カメラと固定センサーカメラを使用する。固定センサーカメラとは通常のハイビジョンカメラであるが、カメラは固定されて、複数台でフィールド全てを撮影できるように配置されている。このセンサーカメラで撮影された映像より、選手の位置を抽出する。選手の抽出には、シルエット抽出、人物追跡、フォーメーション解析の各処理があり、これにより選手のチーム分けおよびポジションを検出し、オフサイドラインを検出する。検出されたオフサイドラインを放送用カメラのパン、ズーム操作に応じてマッピングし、CG作画を行う。この技術はすでに実際の放送にも活用されているものである。

2.3. 優勢領域 (引用4)

チームスポーツにおいて、集団としての動きの連動(チームワーク)は重要な要素の一つである。しかし、チームワークが良いと主観的に判断することは可能であるが、では、どの程度チームワークが良いのかといった、客観的なデータとしてチームワークを評価するのは難しい。そこで、瀧らは、チームスポーツにおける集団行動を映像に基づいて定量的に評価するための基本的な特徴量として、優勢領域というものを提案している(引用4)。これは、

映像から得られる各選手の空間的な位置関係およびその際の運動方向から計算される、集団の動きの中で各個人がつくる一種の勢力範囲である。優勢領域をサッカーのゲーム映像に応用し、チームワークをボールの受け渡しスペースを維持するための動きととらえると、チームワークの評価の定量化が可能となる。以下に、瀧らによる優勢領域の計算方法について説明する。

2.3.1. 優勢領域

実際の集団においては、一般に各選手はそれぞれ異なる速さで移動しており、その人の運動能力の範囲内で加速したり方向を変えたりする。そのような動的な環境の中での勢力範囲を考える場合、到達時間を基準とした方がより合理的である。そこで、ある時刻 t における n 人の選手の集合を $P^{(t)} = \{p_1^{(t)}, p_2^{(t)}, \dots, p_n^{(t)}\}$ とすれば、選手 $p_i^{(t)} \in P^{(t)}$ の勢力範囲 D を式 (1) で定義する。

$$D(p_i^{(t)}) = \{x \in R^2 \mid t_i(x, p_i^{(t)}) \leq t_i(x, p_m^{(t)}) \text{ for } m \neq i, m \in I_n\} \quad \text{式 (1)}$$

ここで、 $t_i(x, p_i^{(t)})$ はある時刻 t における p_i がその時刻を基点に点 x まで移動するのに必要な最短時間で、これを最小到達時間と呼ぶ。すなわち、式 (1) の D は、ある選手が時刻 t に移動を開始したときに、他のどの選手よりも早く到達することが可能な領域を表す。この領域を優勢領域と呼ぶことにする。また、 $P^{(t)}$ に関する優勢領域の和集合を $P^{(t)}$ の優勢領域図 $E(P^{(t)})$ と呼ぶことにする。

2.3.2. 運動モデル

優勢領域の算出に必要な最小到達時間の計算には、その時刻における選手の位置、初速度、加速度を用いる。位置と初速度は実際の映像から計測し、加速度は選手の運動能力の一部として、事前に与えられるものとする。実際に計算する際には、厳密な加速度モデルを用いて計算を行うと複雑になるため、選手周辺等間隔 8 方向に同一の加速度ベクトルを仮定し、 p が別の場所へ移動するために初動時に加えられる加速度ベクトルは、移動中は変化しないと仮定する。こうすると、 p_i の運動は 8 方向への等加速度運動となり、 t_0 を基点として、 p_i が点 x へ移動するための最小到達時間 t_x は式 (2) で与えられる。

$$t_x = \min_{a \in A} \left\{ t \mid \frac{1}{2} at^2 + v^{(t_0)} t + p_i^{(t_0)} - x = 0, (v^{(t_0)})^2 - 2a(p_i^{(t_0)} - x) \geq 0, t \geq 0 \right\} \quad \text{式 (2)}$$

ここで、 $p_i^{(t_0)}, v^{(t_0)}$ は、それぞれ時刻 t_0 における p_i の位置および速度ベクトルであり、 A は加速度ベクトルの集合を表す。また、右辺の二つの不等式は値が正の実数であるような t だけを最小化の対象とすることを意味する。

これにより選手の優勢領域を算出した結果を図 1 に示す。

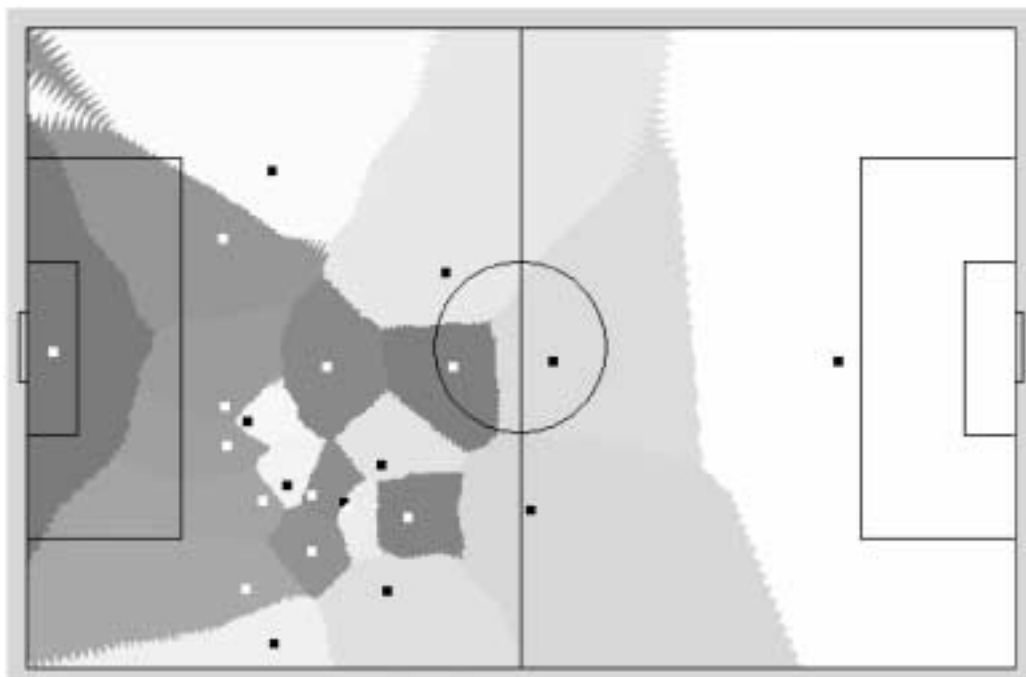


図 1 優勢領域図の計算例

図 1 では、比較的白い色の領域とグレーの領域がある。白い色の領域の集合が右から左へ攻めるチーム、グレーの領域の集合が左から右へ攻めるチームである。それぞれの選手の領域を区別するため、多少濃淡を変化させている。このシーンでは右から左へ攻めているシーンである。両サイドのコーナー付近に白い色のチームの優勢領域があり、ここを有効に使えばより効率的に攻めることができることが分かる。

3．様々なゲーム分析

本章では、抽出された選手の座標からのゲーム分析について、現在行っていることを説明する。まず、個人のプレーイングエリアとして二重八角形指標エリアというものを設定する。これは、選手位置を中心とした、二重の同心円状の八角形領域である。この領域内の箇所での相手選手の有無によりマークにつかれているかの指標とし、パスの可否を判定する。また、足元へのパス判定を発展させ、スペースへのパスの可否を判定する方法を順に述べる。

3.1. 二重八角形指標エリア作成

個人のプレーイングエリアの指標として、二重八角形指標エリアを注目選手に設定する。二重八角形指標エリアとは、図 2 のように、対象選手を中心として周囲 16 個の点により構成される。これら 16 点は選手を二重に 8 点ずつで取り囲むように配置され、大小二つの八角形のそれぞれの頂点が、選手から等距離となる。また、各 8 点は選手周辺 360 度に等間隔で配置

される。選手の近傍8点の内側の領域を、固有エリアと呼び、外周の8点の内側の領域内で固有エリア以外の領域を、準固有エリアと呼ぶ。この二重八角形指標エリアによる、固有エリアと準固有エリアに相手選手が存在するかどうかによりマークにつかれているかどうかの指標とし、これを用いてパスコースの判定を行う。なお、この二重八角形指標エリアは攻撃側の選手についてのみ生成する。

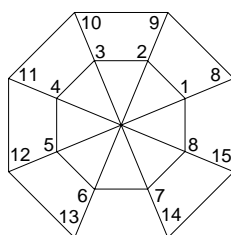


図2 二重八角形指標エリア

3.2. パス可否判定

攻撃しているチームの選手間でパス交換が可能かどうかを判定する手法を説明する。ここでは、3.1章で求めた八角形指標エリアを使用してパス可否判定を行う。なお、前提として、この時点で、全ての選手の位置およびボールの位置、どの選手がボール保持者か、また、選手の敵味方の区別はすべて求められているものとする。解析方法の流れは以下の通りである。

パス候補の方向を決定

パスを出す選手（パサー）の二重八角形指標エリア内判定

パスを受ける選手（レシーバ）の二重八角形指標エリア内判定

パサーとレシーバを結んだ直線上判定

上記の から までの流れは、ボールを持っている選手とそれ以外のすべての味方の選手との間で計算を行い、パス可能な選手間を線で結ぶことにより、結果を表示する。一組の組み合わせの判定の流れを説明する。まず、 では、パサーとレシーバとを直線で結ぶ事により、それぞれの選手が持つ二重八角形指標エリアのどの領域をパスが通るかを計算する。

では、パサーがそちらの方向にパスを出す事が出来るかどうかの判定を行う。 にて、パスの方向が決まり、パスが通る固有エリアおよび準固有エリアでの領域が特定できる。特定されたエリア内に相手選手が存在場合には、そちらの方向にはパスを出す事ができないと判定する。ただし、準固有エリアに相手選手が存在する場合には、相手選手とパス方向の直線距離を測定する。ある一定の距離以内であれば、その方向にはパスは通らないと判定する。選手の能力を解析に入れる場合には、攻撃選手であれば二重八角形指標エリアの大きさ、守備選手であれば、パスが通らないと判定する距離を変更する事により、能力差をパスの可否に含める事が可能となる。同様の処理を でも行う。こちらは、レシーバの選手の二重八角形指標エリアでの判定となるが、行う処理は と同様である。 とともに守備選手が存在しないと判定された場合には、 として、パサーとレシーバを結んだ直線上に相手選手が存在

しないかどうかを判定する。この際に、2章で求めた優勢領域を導入する。優勢領域を計算する際に、最小到達時間を測定しているため、パスの速度を仮定すると、パス方向の各位置にて、守備選手がボールよりも早くその位置に到着できるのか、ボールが先に通過するのかが計算できる。これにより、パスが通るかどうかの判定を行うことが出来る。 から までの処理にて、守備選手にパスカットされるかどうかを判定し、パスが可能な味方の選手と直線で結ぶことにより結果を表示する。

3.3. スペースへのパス判定

3.2章では、レシーバが存在する位置に対してパス方向を仮定し、パスが通るかどうかを判定している。そこで、この処理をさらに発展させて、スペースへのパスが可能かどうかを判定する方法について述べる。ここでも優勢領域の考え方を導入する。スペースへのパスといっても、様々な方向が考えられるため、計算量が膨大になってしまうため、ここでは、相手ゴールに向かう動きとして、レシーバと相手ゴールを結んだ直線上にパスが出せるかどうかを判定する。

具体的な計算方法としては、基本的な処理としては、3.2節の味方選手の位置へのパス可否判定の組み合わせであるが、

- レシーバとゴールを結んだ直線を算出

- で求めた直線上で味方選手の優勢領域内のゴールにもっとも近い位置を算出

- の点から順に直線上を等間隔で、味方選手の足元までの位置を算出

- で求めた点列について、順にパス可否判定を行い、最初にパス可能と判定された箇所をその選手へのスペースへのパス可能判定とする。

という流れで順にパス可否判定を行う。

4 . 実験および考察

実際のサッカーの試合を映像に撮影し、選手のフィールド上での座標ならびにボールの存在位置をあらかじめ求めておくものとする。このデータに対して上記の2種類のパス判定をおこなった結果を以下に示す。それぞれは同一のフレームに対して行った結果である。

4.1. パス可否判定

3.2章にて説明したパス可否判定を行った結果例を示す。黒が攻撃チーム、グレーが守備チームの二重八角形指標エリアであり、パス可能選手と線で結んである。

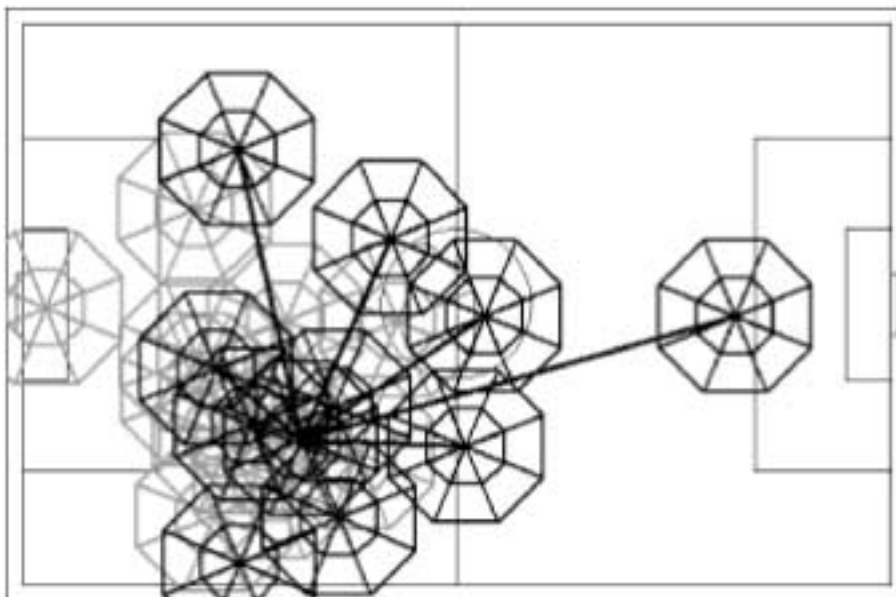


図3 足元へのパスの判定

4.2. スペースへのパス判定

3.3 章にて説明したスペースへのパス判定を行った結果の1例を示す。

図4に示す白色の領域がそれぞれ攻撃チームの優勢領域を示しており、グレーの領域がそ

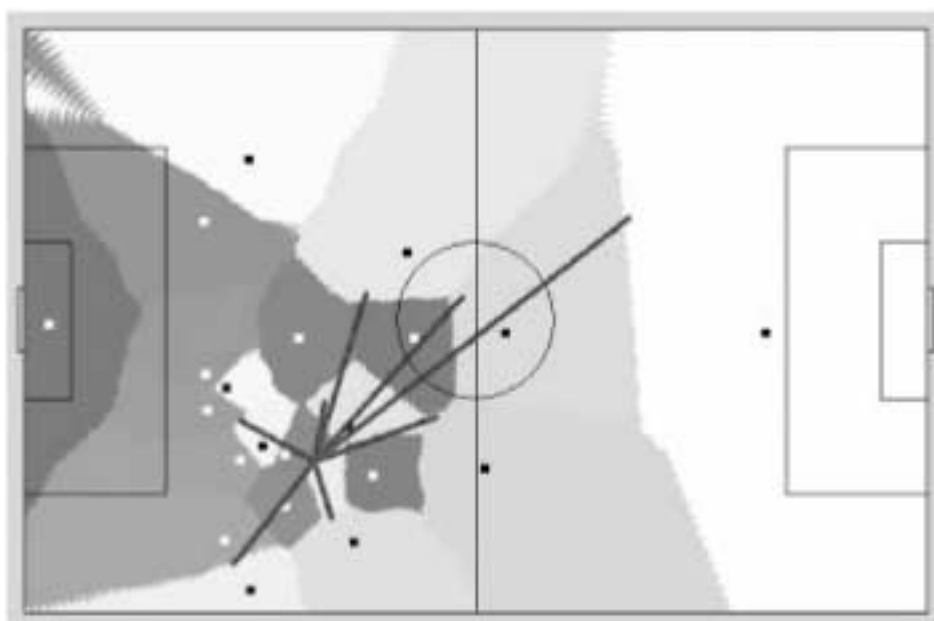


図4 スペースへのパス判定

れぞれ守備チームの優勢領域を示している。また、それぞれ味方の選手でもっともゴールに近い地点へのパス可能地点とボールとを直線で結んで結果を示す。

考察

本実験では、現在の選手の位置から、パス可能な位置を調べ、その方向の提示を行っている。このプレーで実際にパスを出したのは右側のサイドであり、パスコースも右側に多く存在しているため、選手の印象と近いと考えられる。しかし、計算上はパスが出せるが、選手の感覚としてパスを出すと取られると思われる箇所がある場合、選手の感覚上のことであるのか、また、現実と則さない拘束条件があるのかなどの検討が必要である。よって、実際に選手にインタビューできる環境で撮影をしておし、分析した結果と各プレーでの印象とを比較してもらう。また、スペースへのパスとして、味方選手とゴールを結んだ直線上のみを探索したが、実際には、直線上よりも守備側の選手のポジションにより、パスを出す方向を決めていることが多いと思われる。そこで、守備側の選手の位置を解析することにより、より有効なパスコースの判定などができると思われる。これらの検討事項を今後の研究の課題としていきたい。

5. まとめ

本報告では、味方の選手の足元とゴールへのスペースの2通りの方法を提案した。今後は、計算されたパス可能なコースについて、実際の選手が受け取る印象との比較が必要事項である。それにより、選手の受ける印象に近い情報を提示することにより、視聴者にもよりスポーツに親しみをもって観てもらえるようになると考えられる。

また、分析結果の表示方法についても改良していく。パスコースの判定や提示方法として、選手の位置は当然として、選手の向いている向きも重要である。それらを考慮して、より欲しい情報を提供できるようなインタフェースの開発も重要な研究課題の一つである。

引用文献

- 1) 掛水隆、大橋二郎、「サッカーおもしろ科学」、東京電機大学出版局、1996年
- 2) <http://www.sportsea.co.jp/opta.html>
- 3) 三須俊彦、高橋正樹、合志清一、蓼沼真、八木伸行、「実時間画像処理に基づくオフサイドライン可視化システム」、『電子情報通信学会論文誌D-』、電子情報通信学会、pp1681-1692、2005年
- 4) 瀧剛志、長谷川純一、「チームスポーツにおける集団行動解析のための特徴量とその応用」、『電子情報通信学会論文誌D-』、電子情報通信学会、pp1802-1811、1998年